

Fibre laser for video projector etc, has polarizing fibre e.g. spliced onto end of lasing optical fibre

Patent number: DE19925686

Publication date: 2000-12-14

Inventor: TUENNERMANN ANDREAS (DE); ZELLMER HOLGER (DE)

Applicant: ZEISS CARL JENA GMBH (DE)

Classification:

- International: H01S3/06

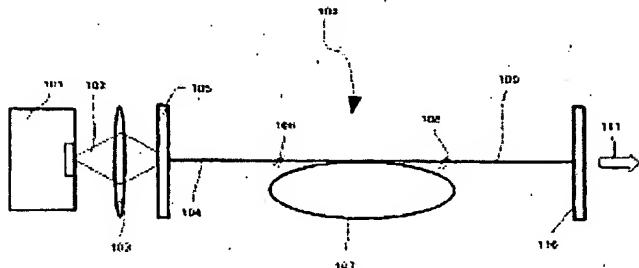
- european: H01S3/067

Application number: DE19991025686 19990604

Priority number(s): DE19991025686 19990604

Abstract of DE19925686

The laser (100) has an optical fibre (107) within a resonator, the core being doped to excite laser light (111). The laser light is polarized by a polarizing element. The polarizing element is part (104) of the optical fibre, and/or a device is provided with which the fibre itself or part of it can be polarized. The polarizing element may be a specific polarizing fibre (104). The specific polarizing fibre may be spliced onto the lasing optical fibre (107), the ends being slanted below the Brewster angle.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

⑯ Aktenzeichen: 199 25 686.1
⑯ Anmeldetag: 4. 6. 1999
⑯ Offenlegungstag: 14. 12. 2000

⑯ Anmelder:
Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE
⑯ Vertreter:
Dr. Werner Geyer, Klaus Fehners & Partner, 80687
München

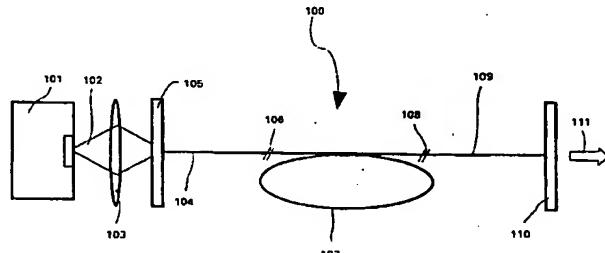
⑯ Erfinder:
Tünnermann, Andreas, Prof. Dr., 07743 Jena, DE;
Zellmer, Holger, Dr., 99441 Magdala, DE
⑯ Entgegenhaltungen:
DE 691 15 033 T2
US 58 44 927
US 43 89 090
WO 96 27 223 A2
D. Jansen: "Optoelektronik", Vieweg Verlag,
S. 186-197, (1993);

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Laser mit einem Lichtleitfaser

⑯ Bei einem Laser (100) mit einer Lichtleitfaser (107; 204, 209) innerhalb eines Resonators, deren Kern zur Anregung von Laserlicht (111) geeignet dotiert ist, und mit einem zur Polarisation des Laserlichts (111) vorgesehenen polarisierenden Element, ist vorgesehen, daß das polarisierende Element ein Teilstück (104, 109; 207) der Lichtleitfaser (107; 204, 209) ist und/oder eine Einrichtung (212) vorgesehen ist, mit der die Lichtleitfaser (107; 204, 209) selbst oder ein Teilstück (104, 109; 207) von ihr polarisierbar ist.



Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Laser mit einer Lichtleitfaser innerhalb eines Resonators, deren Kern zur Anregung von Laserlicht geeignet dotiert ist, und mit einem zur Polarisation des Laserlichts vorgesehenen polarisierenden Element.

Derartige Laser sind für Anwendungen geeignet, für die ein polarisierter Laserstrahl benötigt wird. Neben dem technisch/physikalischen Einsatzgebiet gibt es auch Anwendungen im Konsumentenbereich, wie beispielsweise die Videoprojektion mit Laserstrahlen, bei der sich die Intensitätssteuerung bei Vorliegen eines polarisierten Laserstrahls durch einen einfachen Polarisator wenig aufwendig gestaltet oder bei der sich mittels zweier Bilder in voneinander verschiedenen Polarisationszuständen bei entsprechenden Brillen mit polarisationsfilternden Brillengläsern für die Zuschauer ein Stereobild sichtbar machen läßt.

Derartige Laser für polarisierende Laserstrahlen weisen im Resonator üblicherweise ein polarisierendes Element, insbesondere mit unterschiedlichen Verlusten für unterschiedliche Polarisationsrichtung, auf. Aufgrund des vorgesehenen polarisierenden Elements innerhalb des Resonators wird nur Licht einer Polarisationsrichtung verstärkt, so daß nahezu die gesamte für den Laserprozeß zur Verfügung stehende Pumpleistung in den Laserstrahl mit dem durch das polarisierende Element gegebenen Polarisationszustand konvertiert wird.

Als polarisierendes Element können in Faserlasern Fasern mit elliptischem aktiven Kern eingesetzt werden. Dabei erhält man allerdings ein anarmphotisches und damit unruhiges Strahlprofil. Außerdem liegt das gegenwärtig mögliche Polarisationsverhältnis für lineare Polarisierung bei 5 zu 1, was für viele Anwendungsfälle zu niedrig ist.

Weiter wurde zum Erzielen einer polarisierenden Wirkung vorgeschlagen, Fasern mit Spannungsdoppelbrechung im aktiven Kern einzusetzen, wobei die Spannungsdoppelbrechung durch Verwendung von Materialien mit unterschiedlicher thermischer Ausdehnung erzeugt wird. Diese Technik war bisher nur bei Quarzfäsern erfolgreich einsetzbar. Das bedeutet, bei vielen technischen Anwendungen, insbesondere bei den im sichtbaren Bereich verwendbaren Materialien mit geringen Phononenenergien, wie ZBLAN-Fasern, ist ein derartiges Vorgehen nicht möglich.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen Faserlaser der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem das polarisierende Element besonders einfach aufgebaut ist und das nahezu unabhängig von der Wahl des für den Spektralbereich geeigneten Glasmaterials verwirklicht werden kann.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß das polarisierende Element ein Teilstück der Lichtleitfaser ist und/oder eine Einrichtung vorgesehen ist, mit der die Lichtleitfaser selbst oder ein Teilstück von ihr polarisierbar ist.

Im Gegensatz zum vorhergenannten Polarisator nach dem Stand der Technik wird hier die Lichtleitfaser selbst verwendet. Im Gegensatz zu dem obengenannten Beispiel mit Quarzfäsern wirkt aber erfindungsgemäß nicht die gesamte Faser als Polarisator, sondern nur ein Teilstück, das beispielsweise doppelbrechend ist. Erfindungsgemäß kann auch eine spezielle Einrichtung vorgesehen sein, die den Polarisationsfehler in speziellen Fasern hervorrufen kann.

Wie dies im einzelnen geschieht, wird im nachfolgenden noch deutlicher werden. Wichtig ist hier aber vor allen Dingen, daß der Aufwand gegenüber dem Stand der Technik verringert ist. Dies gilt vor allem nicht nur deshalb, weil ein spezieller Polarisator entfällt, sondern auch deswegen, weil zusätzliche Baugruppen zum Ein- und Auskoppeln in einen bzw. von einem bekannten Polarisator eingespart werden

können. Das ist sofort einsichtig, denn schon wenn nur ein Teilstück der Glasfaser polarisierend ausgebildet wäre, beispielsweise dadurch, daß ein Teilstück eingefügt wird, entsteht der gewünschte Polarisationsfehler. In diesem Fall lassen sich die Kerne des Teilstücks und der übrigen Faser zum Lasen leicht so nah aneinander bringen, daß das Licht vom Teilstück zur zum Lasen vorgesehenen Lichtleitfaser und zurück verlustarm übergehen kann, so daß zusätzliche Ein- und Auskoppeloptiken entfallen können, wie sie bei herkömmlichen Polarisatoren durchaus üblich sind.

Insbesondere bezüglich der Ausbildung des polarisierenden Elements als Teilstück der Lichtleitfaser ist gemäß einer vorzugsweisen Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, daß das polarisierende Element eine spezielle polarisierende Faser ist. Dazu bieten sich vor allen Dingen doppelbrechende Fasern an, wie die in der Einleitung beispielhaft genannte Quarzfaser, während der Rest der Lichtleitfaser als lasernde Faser bezüglich den Bedürfnissen, insbesondere zur stimulierten Emission von Licht der gewünschten Wellenlänge, ausgebildet wird.

Im Prinzip hat man dann ein Teilstück der Lichtleitfaser, das zum Lasen vorgesehen und ausgelegt ist, und ein anderes Teilstück, das zum Erzeugen der gewünschten Polarisationsrichtung dient. Dabei ist es völlig gleichgültig, wie die spezielle polarisierende Faser relativ zu der zum Lasen vorgesehenen Lichtleitfaser angeordnet ist. Es ist z. B. möglich, die spezielle polarisierende Faser in der Mitte der zum Lasen vorgesehenen Lichtleitfaser einzufügen. Eine andere Möglichkeit ist durch eine Anordnung gegeben, bei der die zum Lasen vorgesehene Lichtleitfaser zwischen polarisierenden Faserteilen angeordnet ist. Außerdem kann man aber auch beliebige periodische und/oder unperiodische Strukturen mit abwechselnden polarisierenden Faserteilen sowie zum Lasen vorgesehenen Lichtleitfaserseiten einsetzen. Bezuglich der Anordnung gibt es keine Beschränkung, wenn nur die Gesamtlängen der polarisierenden Faserteile zum Polarisieren sowie die zum Lasen vorgesehenen Faserteile für die verlangte Ausgangsleistung groß genug gewählt sind.

Besonders vorteilhaft ist es allerdings für eine Vereinfachung der Fertigung, wenn nur ein einziges Teilstück eine zum Lasen vorgesehene Lichtleitfaser und ein anderes Teilstück eine polarisierende Faser ist.

Die folgenden Weiterbildungen beziehen sich vor allen Dingen auf die Verbindung zwischen der speziellen polarisierenden Faser und der zum Lasen vorgesehenen Lichtleitfaser.

Gemäß einer ersten bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist die spezielle polarisierende Faser an der zum Lasen vorgesehenen Lichtleitfaser angespielt. In vorteilhafter Weise polarisationsunterstützend ist dabei, wenn die zusammengespielten Enden unter einem Winkel, insbesondere dem Brewsterwinkel, zusammengefügt sind.

Gemäß einer anderen vorzugsweisen Weiterbildung der Erfindung ist die spezielle polarisierende Faser über einen Faserkoppler mit der zum Lasen vorgesehenen Lichtleitfaser verbunden. Derartige Faserkoppler sind beispielsweise aus der Telekommunikation bekannt, bei der standardmäßig Faserverbindungen, insbesondere über spezielle Faserkoppler, hergestellt werden, in den die zu verbindenden Fasern beidseitig auf einer festgelegten Achse eingeführt sind. Ein flüssiges Medium innerhalb dieses Faserkopplers sorgt für einen entsprechenden Brechungsindex zwischen den Kernen der beiden Fasern, um ein verlustloses Übertragen des Lichts von einem Faserteilende in das andere zu ermöglichen.

Insbesondere, wenn sich die Notwendigkeit ergibt, eine spezielle Justierung zwischen der zum Lasen vorgesehenen

Lichtleitfaser und der speziellen polarisierenden Faser vorzunehmen, ist eine besonders bevorzugte Weiterbildung der Erfindung empfehlenswert, bei der die spezielle polarisierende Faser von der zum Lasen vorgesehenen Lichtleitfaser getrennt ist, wobei sich zwischen ihr und der polarisierenden Faser ein optisches System, insbesondere ein Linsensystem, zum Ein- und Auskoppeln des Laserlichts in und aus der speziellen polarisierenden Faser vorgesehen ist.

Besonders vorteilhaft ist es allerdings, wenn die Polarisation einstellbar ist. Deswegen wird gemäß der folgenden vorzugsweisen Weiterbildungen der Erfindung eine steuerbare Einrichtung für die Polarisation vorgesehen. Dabei ist es insbesondere bevorzugt, daß eine Einrichtung vorgesehen ist, mit der die Lichtleitfaser und die spezielle Faser radial mit Druck beaufschlagbar und in Umlangsrichtung verdrehbar sind.

Derartige Einrichtungen sind beispielsweise als sogenannte PoLaRITE™ Polarization Controllers von der Firma General Photonics Corporation erhältlich, bei denen die Faser mit Hilfe eines speziellen Faserhalters über eine Einstellschraube mit Druck beaufschlagt wird. Diese Art der Polarisationseinstellung läßt sich beispielsweise an der zum Lasen vorgesehenen Lichtleitfaser vorsehen. Es läßt sich aber auch eine spezielle Faser, wie vorher schon dargestellt, mit der zum Lasen vorgesehenen Lichtleitfaser verbinden, wobei der Druck dann nur auf die spezielle Faser aufgebracht wird. Weiter kann mit einer speziellen polarisierenden Faser, die mit der zum Lasen vorgesehenen Lichtleitfaser verbunden ist, ein gewisser Polarisationsanteil bewirkt werden und ein weiterer Polarisationsanteil über die zum Lasen vorgesehene Lichtleitfaser oder einen anderen Faserteil eingestellt werden. Diese Beispiele zeigen, daß es prinzipiell völlig gleichgültig ist, an welcher Stelle oder auf welche Weise die Faser mit Druck beaufschlagt wird. Die Auswahl der optimalen Stellen und der entsprechenden Auslegung der Faserteile liegt durchaus im Bereich des Fachkönnens eines Fachmanns, so daß für den speziellen Anwendungsfall keine bestimmte Lehre gegeben werden muß.

Bei einer ähnlichen, wenn auch anders arbeitenden Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß in der Faser oder in der speziellen Faser mindestens eine Schleife ausgebildet ist, deren Winkel zu anderen Schleifen veränderbar ist.

Einrichtungen, bei denen Schleifen zueinander verstellbar angeordnet sind, sind allgemein erhältlich. Zur Wirkungsweise und speziellen Aufbau derartiger Einstelleinrichtungen sei hier auf die US 4,389,090 verwiesen.

Derartige Einrichtungen werden beispielsweise in der USA durch die Firma "Fiber Control Industries" hergestellt. Sie weisen drei sogenannte Paddel auf, in die jeweils mehrere Windungen einer Lichtleitfaser eingefügt werden. Die drei Paddel sind gegeneinander verkippbar. Durch die Winkelinstellung der Paddel zueinander sowie zur gewünschten Polarisationsrichtung des Ausgangsstrahls sind bei drei Paddeln ausreichend Freiheitsgrade gegeben, um eine Einstellung der vollen Poincarékugel der Polarisation zu ermöglichen.

Neben der vorher genannten manuellen Einstellung ist es ferner möglich, die Polarisation elektrisch einzustellen. Dazu könnte man bei den vorher genannten Beispielen Motorsteuerungen zur Druckbeaufschlagung eines Faserteils oder zur Winkeländerung zwischen den Schleifen einsetzen. Weiter ist es neben der Druckbeaufschlagung auch möglich, spezielle polarisierende Fasern vorzusehen, die magneto- oder elektrooptisch empfindlich sind.

Insbesondere läßt sich beispielsweise die Ausgangsleistung des Lasers bei einer derartigen Einstellmöglichkeit über die Polarisationskontrolle regeln, wenn gemäß einer

vorzugsweisen Weiterbildung der Erfindung eine Einstelleinrichtung für die Polarisation vorgesehen ist und an dieser Einstellungseinrichtung eine Steuereinrichtung angeschlossen ist, mit der insbesondere die Leistung des polarisierten

5 Ausgangsstrahls konstant gehalten wird. Dazu muß prinzipiell nur die Leistung des Laserstrahls im Betrieb gemessen werden, die als Istwert nach Vergleich mit einem Sollwert der Steuereinrichtung zum Regeln in bekannter Weise zugeführt wird. Die Leistung des Ausgangsstrahls zur Gewinnung des Istwertes läßt sich mittels Abzweigen eines geringen Teilstrahls, beispielsweise mit Hilfe eines teildurchlässigen Spiegels, bestimmen.

Besonders einfach ist der genannte Laser gemäß einer vorzugsweisen Weiterbildung der Erfindung aufgebaut, bei 15 der mindestens eine Endfläche der Lichtleitfaser oder der speziellen polarisierenden Faser als Resonatorspiegel verSPIEGELT ist. Dadurch spart man einen besonderen Spiegel sowie eine entsprechende Aus/Einkoppeloptik zwischen Lichtleitfaser und Spiegel ein. Der Aufwand ist dann gegenüber anderen Laserstrukturen deutlich verringert. Als Resonatorspiegel sind hier nicht nur metallisierte Flächen oder dielektrische Schichten gemeint, es können beispielsweise auch in Fasern eingebrachte Braggstrukturen zum Spiegeln eingesetzt werden (fiber Bragg gratings).

20 Besonders bevorzugt ist gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung, daß das Laserlicht an der Pumpseite aus dem Laser ausgekoppelt wird, wobei insbesondere ein dichroitischer Spiegel zum Trennen von Pump- und Laserstrahlung vorgesehen ist. Man benötigt dann nur einen einzigen hochvergüteten Resonatorspiegel, der zum Einkoppeln der Pumpstrahlung beziehungsweise zum Auskoppeln der Laserstrahlung eingesetzt wird. Auch dadurch läßt sich der Aufwand verringern.

25 Statt eines dichroitischen Spiegels und aufgrund der Polarisierung des Laserlichts läßt sich Pumplicht und Laserlicht auch durch einen Polarisationsstrahleiter trennen, wenn das Pumplicht ebenfalls in geeigneter Weise polarisiert ist.

Wie aus dem Vorstehendem auch deutlich geworden sein wird, ist die Erfindung mit ihren Weiterbildungen, insbesondere weil zur Verwirklichung praktisch unzählig viele Arten von Fasern mit unterschiedlichsten Eigenschaften einsetzbar sind, weitgehend unabhängig von der Art des Laserprozesses. So kann die Erfindung beispielsweise nicht nur bei Anregung von einfachen Laserzuständen sondern beispielsweise auch bei sogenannten Upconversionlasern eingesetzt werden, bei denen die lasernden Atome durch einen Multiphotonanregungsprozeß in einen sehr hohen Zustand versetzt werden, der dann aufgrund stimulierter Emissionen wieder in den Grundzustand fällt. Dann ist die erreichbare 30 Wellenlänge wesentlich geringer als die Wellenlänge der Pumpstrahlung. Derartige Laser sind insbesondere für das Erzeugen von sichtbarem Licht interessant, bei dem als Pumpstruktur Infrarotstrahlung von handelsüblichen Laserdioden verwendet werden kann.

Weitere Besonderheiten der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigelegte Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung;
60 Fig. 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel wie Fig. 1, jedoch mit einem Polarisationskontroller sowie einer speziellen Koppeloptik;

Fig. 3 ein anderes Ausführungsbeispiel, bei dem Pumpstrahlung und Laserstrahlung von der gleichen Seite des Resonators einbeziehungsweise ausgekoppelt werden.

In Fig. 1 ist der prinzipielle Aufbau eines Faserlasers gezeigt, an dem auch die meisten wesentlichen Merkmale deutlich gemacht werden können. Aus einer Pumpquelle

101, die vorzugsweise eine Laserdiode ist, wird die Pumpstrahlung 102 über eine Koppeloptik 103 in einen Faserlaser 100 eingekoppelt.

Der Faserlaser 100 weist einen aus Spiegeln 105 und 110 gebildeten Resonator auf. Das aktive Material für den durch die Pumpstrahlung 102 angeregten Laserprozeß wird von einem geeignet dotierten Kern einer zwischen den Resonatorspiegeln 105 und 110 vorgesehenen Faser 107 gebildet.

Die Pumpstrahlung 102 wird über die Koppeloptik 103 direkt in die Faser eingekoppelt und regt den Laserprozeß an. Die daraufhin erzeugte Laserstrahlung 111 verläßt den Faserlaser 100 dann durch den Resonatorspiegel 110. Zum Vereinfachen des Aufbaus können insbesondere die Spiegel 105 und 110 im Unterschied zum Beispiel von Fig. 1 auch als Verspiegelung auf der Lichtleitfaser 107 vorgesehen werden. Neben Verspiegelungen mit metallischen und/oder dielektrischen Schichten sind auch sogenannte "fiber Braggy gratings" verwendbar, das sind in die Faser 107 eingebrachte Brechungsindexänderungen, die ebenfalls bei geeigneten Wellenlängenabstimmung reflektierend wirken.

Der in Fig. 1 gezeigte Faserlaser weist gegenüber herkömmlichen Faserlasern eine Besonderheit auf. Die aktive Lichtleitfaser 107 erstreckt sich nicht durchgehend vom Spiegel 105 zu 110. An Koppelstellen 106 beziehungsweise 108 ist sie an spezielle Faserstücke 104 und 109 angekoppelt, die das Licht zu den Spiegeln 105 und 110 leiten. Die Faserstücke 104 und/oder 109 können bei entsprechender Auslegung zur Polarisation des Laserlichts eingesetzt werden.

Die Faser 109 gehörte im Ausführungsbeispiel von Fig. 1, zu der Art von Fasern, die unterschiedliche Verluste für verschiedene Polarisationszustände aufweisen. Sie kann dazu beispielsweise als sogenannte Single Mode Polarizing Faser oder als polarisationserhaltende Faser mit zusätzlichen polarisierenden Eigenschaften ausgebildet sein. Dadurch wird im Resonator eine Polarisationsrichtung für die Laseranregung und damit für die stimulierte Emission des entsprechenden Polarisationszustandes bevorzugt, die sich auch auf die Polarisierung des Laserstrahls 111 so auswirkt, daß ein Polarisationszustand wesentlich häufiger vorkommt als der dazu orthogonale.

Eine Faser mit gleicher Eigenschaft kann auch beim Faserabschnitt 104 vorgesehen werden. Im allgemeinen reicht aber zur Polarisationsstellung ein einziger Strang 104 oder 109 mit den entsprechenden Eigenschaften, damit die gewünschte Polarisierung des Ausgangsstrahls 111 erfolgt.

Die im Ausgangsbeispiel gezeigte Anordnung mit der lassenden Faser zwischen zwei polarisierenden Faserstücken 104 und 109 ist daher als rein beispielhaft zu verstehen. Jede beliebige Anordnung aus beliebigen Stücken laseraktiven Lichtleitfaser 107 und polarisierenden Faserstücken 104 und 109 wird den gleichen Effekt verursachen, wobei aber zu beachten ist, daß der Polarisationsgrad im wesentlichen von deren Auslegung abhängt. Ein derartiger Aufbau, wie er in Fig. 1 gezeigt wurde, wurde experimentell mit PrYb-Faserlasern verwirklicht. Im Labor ließ sich dabei eine lineare Polarisierung von größer als 10 : 1 nachweisen.

Die schon vorher genannten Koppelstellen 106 und 108 können in verschiedenster Weise ausgebildet werden. Im Ausführungsbeispiel von Fig. 1 waren die Fasern zusammengeklebt. Eine andere Möglichkeit des Zusammenfügens ergibt sich durch Verkleben. Außerdem kann es empfehlenswert sein, die aus der Telekommunikationstechnik bekannten Faserkoppler einzusetzen, bei denen die zu koppelnden Faserenden auf einer optischen Achse zusammengeführt werden und eine Flüssigkeit für die Brechungsindexanpassung zwischen den beiden Faserenden sorgt.

Insbesondere ist es dabei günstig, die zusammengefügten

Faserenden an den Koppelstellen 106 und 108 abzuschärfen, da dann der Durchgang vom Licht einer Polarisationseinrichtung auch an der Koppelstelle bevorzugt ist. Als Winkel für die Schräglage eignet sich vor allem der Brewster Winkel.

Weitere Besonderheiten der hier dargestellten Laser sind aus Fig. 2 ersichtlich. Gleiche Bezugszeichen bedeuten bei allen Figuren immer die gleiche Funktion.

Im Unterschied zu Fig. 1 ist jetzt die Koppelstelle 108 mit 10 Hilfe eines optischen Systems 211 verwirklicht, welches das Licht von einem Faserteil 207 in den anderen Faserteil 209 einkoppelt. Dieses optische System wird im allgemeinen eine Linsengruppe sein.

Im Unterschied zu Fig. 1 übernehmen ferner die in Fig. 2 15 dargestellten Faserstücke 204 und 209 die Erzeugung des Laserprozesses. Das dazwischen liegende Faserstück 207 dient dagegen zur Polarisierung.

Die zur Polarisierung vorgesehene Faser 207 ist dazu in mehreren Schleifen 212 gewickelt, die mittels eines sogenannten Fiber-Polarisation-Controllers mit Druck beaufschlagt werden. Die Schleifen 212 erstrecken sich radial von der optischen Achse der Faser und sind gegeneinander winkelverstellbar, wie es insbesondere aus der US 4,389,090 bekannt ist. Durch Änderungen der Winkel zwischen den 25 Schleifen 212 gegeneinander ist eine vollständige Einstellung für alle Freiheitsgrade der Polarisierung möglich.

Diese Einstellweise ist besonders vorteilhaft, wenn man besonders hohe Polarisationsgrade für die Laserstrahlung 111 am Ausgang garantieren will. Insbesondere ist es aber auch möglich, die Polarisationskontrolle zu steuern und insbesondere die Leistung des Laserstrahls 111 im Ausgang zu regeln, wenn ein Teil dieser Laserstrahlung abgezweigt wird, über einen Photodetektor elektrisch gewandelt und diese elektrische Größe als Istwert mit einem Sollwert verglichen wird, wonach durch den Vergleich eine Regelgröße gebildet wird, mit dem der Kontroller über Winkelverstellung der Schleifen 212 nachgeregelt wird. Die genaue Ausführung solcher Regelungen sind aus dem Stand der Technik bekannt und bedürfen hier keiner weiteren Erläuterung.

Aus dem Beispiel von Fig. 2 wurde deutlich, daß man auch durch Druckbeaufschlagung eine entsprechende Polarisierung und Verdrehung des druckbeaufschlagten Teils gegen die übrige Faser erreichen kann.

Dies kann man beispielsweise auch ausnützen, indem im 45 Beispiel von Fig. 1 eine durchgehende an einem Teilstück druckbeaufschlagte Faser 107 eingesetzt wird, wobei die Koppelstellen 106 und 108 entfallen dabei, so daß die Faserabschnitte 104 und 109 für dieses Beispiel nur als Fortsetzung der laseraktiven Faser 107 zu betrachten sind. Ein 50 Druck auf die Faser 107 mit bekannten Einrichtungen führt dann ebenfalls zu einer Polarisationsänderung und damit zu einem polarisierten Ausgangsstrahl der Laserstrahlung 111.

Während die Laserstrahlung 111 bei den vorhergehenden Beispielen auf der entgegengesetzten Seite der Einkopplung der Pumpstrahlung 102 entnommen wurde, kann man den Laserstrahl 111 auch von der gleichen Seite, von der auch die Pumpstrahlung 102 in die Faser 107 eingekoppelt wird, entnehmen. Dies erfordert einmal eine Änderung der Einkoppeloptik 103 in bekannter Weise. Weiter wird ein dichroitischer Spiegel 313 eingesetzt, um die Pumpstrahlung 60 102 von der Laserstrahlung 111 zu trennen. Anstelle eines dichroitischen Spiegels kann man aufgrund der definierten Polarisationsrichtungen der Laserstrahlung 111 auch einen Polarisationsstrahlteiler zur Trennung von Pumpstrahlung 65 und Laserstrahlung 111 einsetzen.

Die in den vorherigen Beispielen angegebenen Änderungen können natürlich auch bei dem Ausführungsbeispiel von Fig. 3 durchgeführt werden.

Insbesondere zeichnen sich die vorhergehenden Ausführungsbeispiele durch eine einfache Erzeugung von polarisierter Laserstrahlung mit konventionellen d. h. nicht polarisationserhaltenden Lichtwellenleitern aus.

Unerwarteterweise ergab sich noch ein weiterer Effekt. Bei Verwendung derartiger Fasern stellte sich heraus, daß ein besserer Schutz der mechanisch/thermisch empfindlichen Endflächen von Fasern für Laser im sichtbaren und infraroten Spektralbereich gegeben ist. Dies ist darauf zurückzuführen, daß spezielle Fasern 104, 109 gewählt werden können, die unempfindlicher gegen Laserstrahlung und Umwelteinflüsse sind als beispielsweise die mit laseraktiven Material versehene spezielle Lichtleitfaser 107.

Neben der vorher genannten Einstellung eines Polarisationszustandes über Druck auf die Faser kann man für spezielle Faserteile auch magnetooptisch oder elektrooptisch wirksame Materialien einsetzen und die gewünschte Polarisation durch entsprechende elektrische oder magnetische Felder erzeugen. Aufgrund der Trennung von Polarisation und Laseranregung mittels der bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel unterschiedlichen Faserteilen lassen sich alle bekannten Effekte unabhängig von der Laseranregung ausnutzen, so daß man für die Materialauswahl bezüglich der eingesetzten Laserprozesse sowie für die unterschiedlichen Polarisationsarten bei der Auslegung derartiger Laser nur wenig beschränkt ist. Erstaunlicherweise ist es möglich, diesen Vorteil zu erreichen, ohne von dem bei einem Faserfaser üblichen einfachen Aufbau wesentlich abweichen zu müssen.

5

10

20

30

Patentansprüche

1. Laser (100) mit einer Lichtleitfaser (107; 204, 209) innerhalb eines Resonators, deren Kern zur Anregung von Laserlicht (111) geeignet dotiert ist, und mit einem zur Polarisation des Laserlichts (111) vorgesehenen polarisierenden Element, dadurch gekennzeichnet, daß das polarisierende Element ein Teilstück (104, 109; 207) der Lichtleitfaser (107; 204, 209) ist und/oder eine Einrichtung (212) vorgesehen ist, mit der die Lichtleitfaser (107; 204, 209) selbst oder ein Teilstück (104, 109; 207) von ihr polarisierbar ist.
2. Laser (100) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das polarisierende Element eine spezielle polarisierende Faser (104, 109; 207) ist.
3. Laser (100) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die spezielle polarisierende Faser (104, 109; 207) an der zum Lasen vorgesehenen Lichtleitfaser (107; 204, 209) angespleißt ist.
4. Laser (100) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zusammengespleißten Enden, insbesondere unter den Brewsterwinkel, geschrägt sind.
5. Laser (100) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die spezielle polarisierende Faser (104, 109; 207) über einen Faserkoppler mit der zum Lasen vorgesehenen Lichtleitfaser (107; 204, 209) verbunden ist.
6. Laser (100) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die spezielle polarisierende Faser (104, 109; 207) von der zum Lasen vorgesehenen Lichtleitfaser (107; 204, 209) getrennt ist und sich zwischen ihr und der polarisierenden Faser ein optisches System (211), insbesondere ein Linsensystem, zum Ein- und Auskopeln des Laserlichts (111) in und aus der speziellen polarisierenden Faser (104, 109; 207) vorgesehen ist.
7. Laser (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung (212) vorgesehen ist, mit der die Lichtleitfaser (107; 204, 209) oder die spezielle Faser (104, 109; 207) radial mit

Druck beaufschlagbar und in Umfangsrichtung verdrehbar sind.

8. Laser (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in der Faser (107) oder in der speziellen Faser (104, 109; 207) mindestens eine Schleife ausgebildet ist, deren Winkel zu anderen, Schleifen veränderbar ist.

9. Laser (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einstelleinrichtung für die Polarisation und eine an diese zur Einstellung von dieser geeignete Steuereinrichtung vorgesehen sind, welche insbesondere die Leistung des polarisierten Laserstrahles (111) konstant halten.

10. Laser (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Endfläche der Lichtleitfaser (107; 204, 209) oder der speziellen polarisierenden Faser (104, 109; 207) als Resonatorspiegel verspiegelt ist.

11. Laser (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Laserlicht (111) an der Pumpseite aus dem Laser ausgekoppelt ist und insbesondere ein dichroitischer Spiegel (313) zum Trennen von Pump- und Laserstrahlung vorgesehen ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

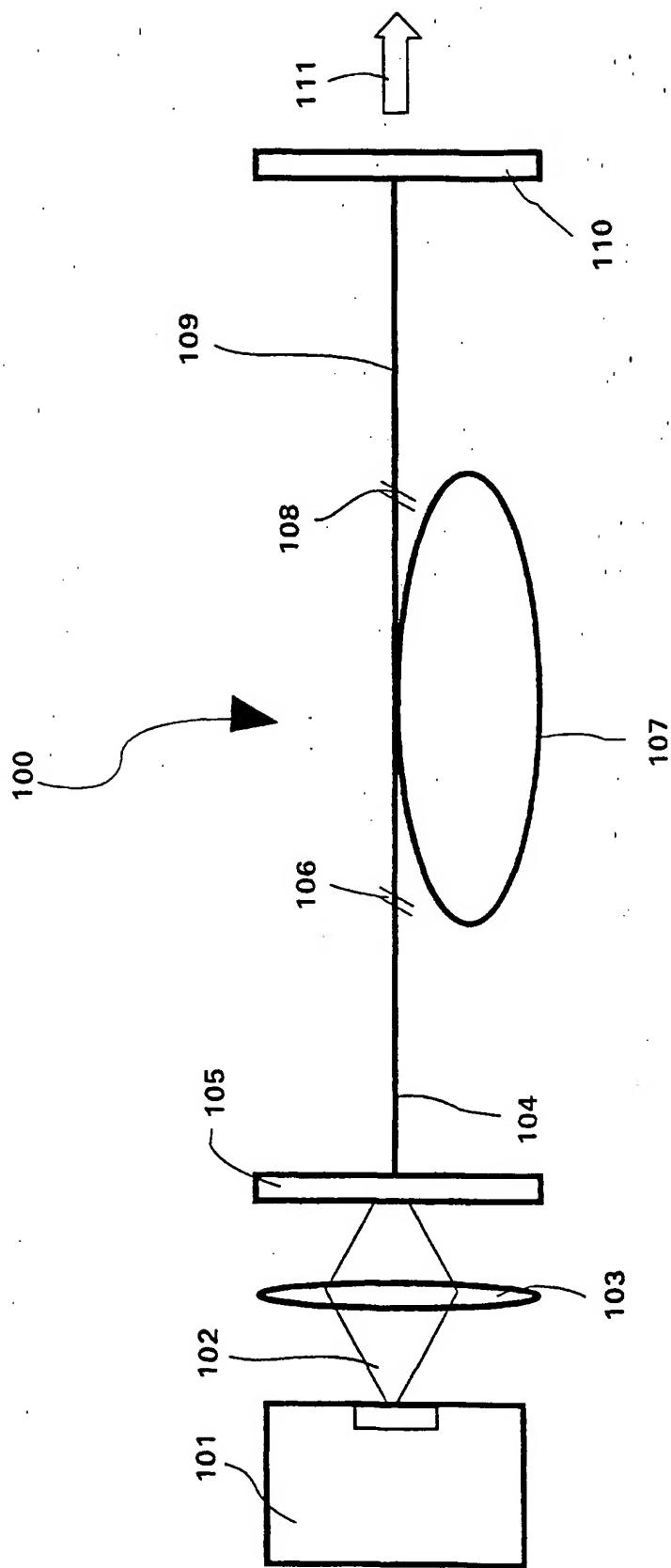


Fig. 1

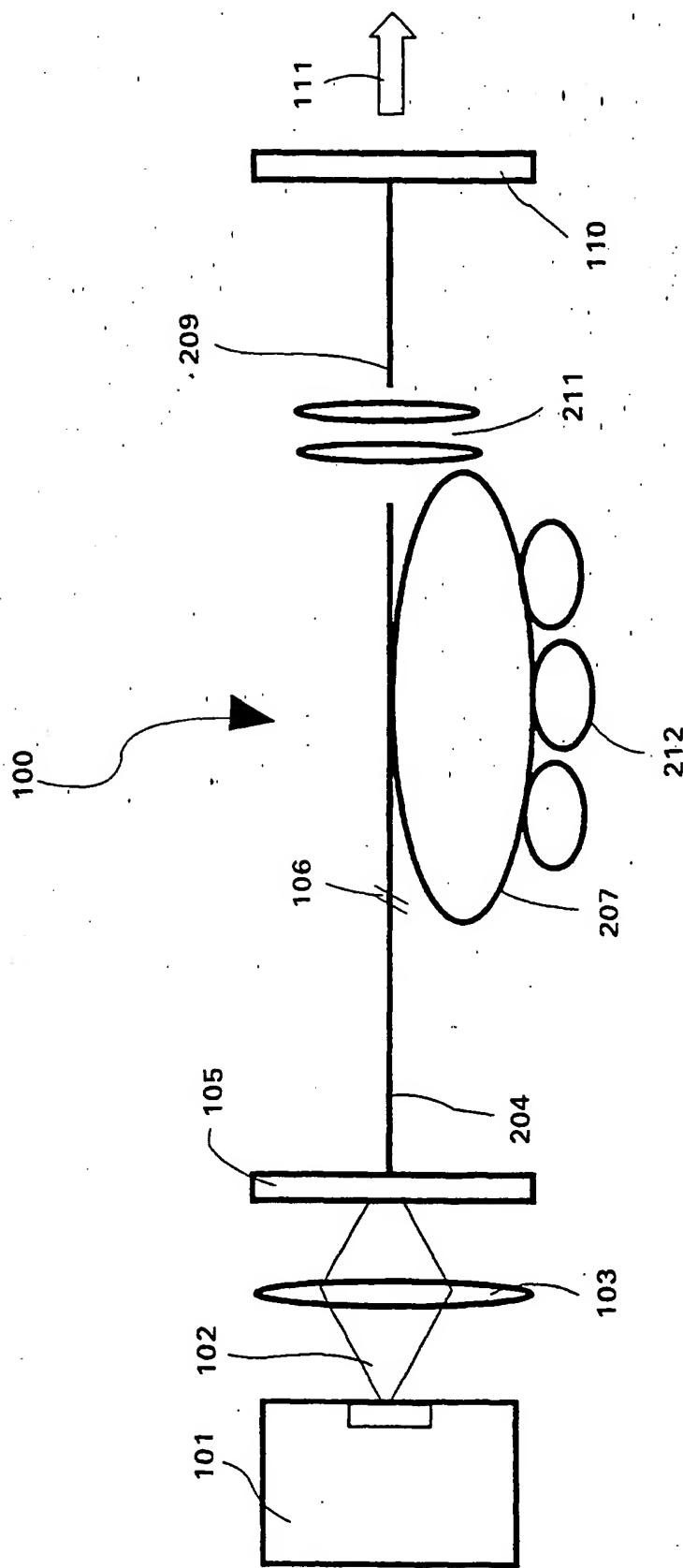


Fig. 2

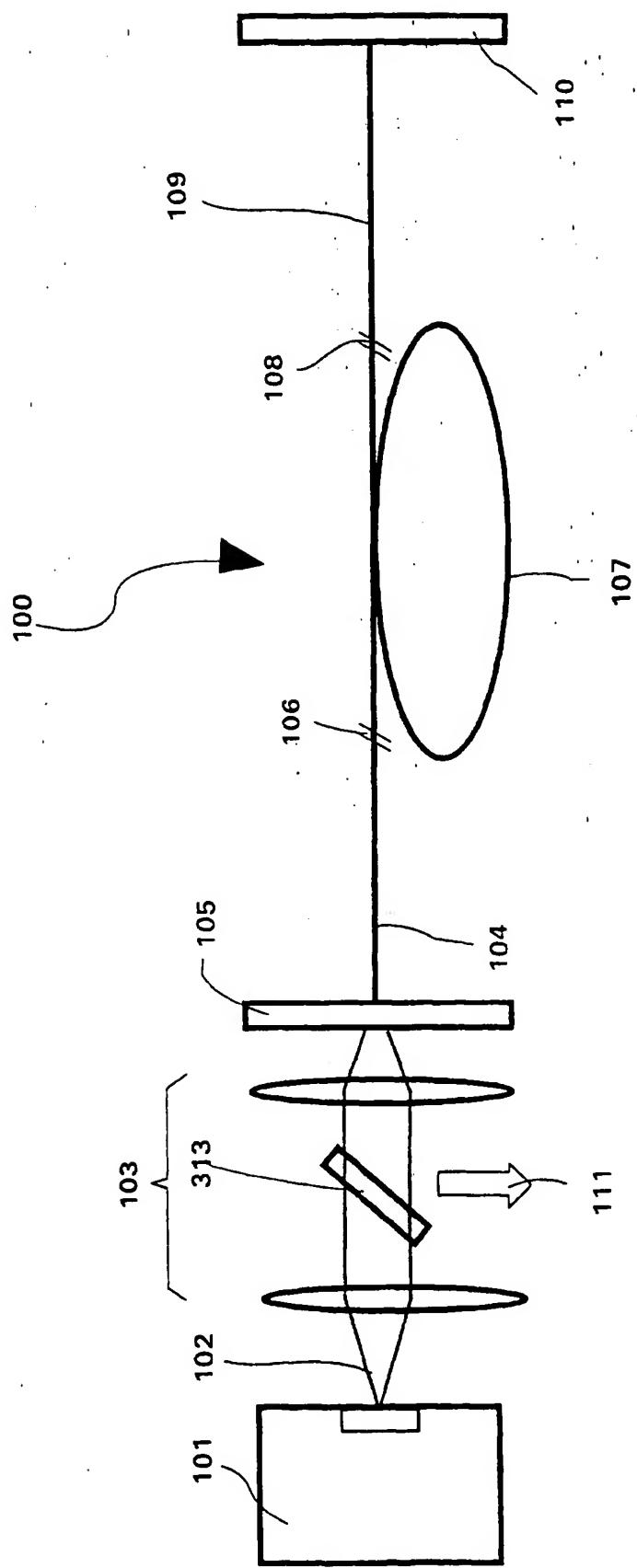


Fig. 3